

ниже кривой 2). Вместе с тем известно, что коэффициенты теплоотдачи в виброкипящем слое монотонно уменьшаются с увеличением размера частиц.

Установленный выше немонотонный характер изменения коэффициентов массоотдачи связан с тем, что во внешнем массообмене большую роль играет перемещение самих частиц, увлекающих за собой газовую среду и тем самым способствуя обмену вблизи поверхности тела свежих и обогащенных парами нафталина порций газа, масса которых пропорциональна объему частиц (эффект присоединенной массы). Но в дальнейшем с увеличением размера частиц одновременно уменьшается их число в единице объема слоя, поэтому после некоторого увеличения коэффициентов  $\beta$  (кривые 2) наблюдается их снижение (кривые 3).

Полученные результаты показывают, что в целом за исключением приповерхностной зоны распределение коэффициентов  $\beta$  по высоте слоя можно считать сравнительно равномерным и, кроме того, с увеличением размера частиц сохраняется высокая интенсивность внешнего массообмена.

#### *Библиографический список*

1. Островская А.В., Королев В.Н. Локальный массообмен по высоте цилиндра, погруженного в псевдоожиженный слой // Инж.-физ. журнал. 1994. Т. 67. № 1-2. С. 43-47.
2. Горбунова А.М. Применение виброкипящего слоя для интенсификации внешнего массообмена (массоотдачи) в процессах теплотехнологии // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых 13-16 декабря 2011 г. Екатеринбург: УрФУ, 2011. С. 74-76.
3. Зеленкова Ю.О., Сапожников Б.Г., Ширяева Н.П. Межфазный теплообмен и аксиальная теплопроводность в виброподвижном слое сыпучего материала при продувании над ним газового теплоносителя // Первая Российская национальная конференция по теплообмену. Т. 7. Дисперсные потоки и пористые среды. М.: МЭИ, 1994. С. 95-100.

## **ОЦЕНКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЭФФЕКТОВ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНВЕРТЕРНЫХ ГАЗОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗВЕСТИ**

*Горемыкина П.Г., Махмутов А.А., Ташкангузова А.А.  
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова  
E-mail: kartavzw@mgn.ru*

Определяющим фактором процессов выплавки, доводки стали и ее кристаллизации является конвертерная известь – весьма энергоемкий продукт с интегральными затратами энергии более 200 кг у.т./т.

От качества извести, ее фракционного состава, однородности и степени обжига, реакционной и флюсующей способности в значительной степени зависит качество выплавляемой стали, а в дальнейшем и металлопроката.

Обеспечить постоянно растущие потребности в извести позволит энергосберегающая модернизация и инновация в области обжига известняка. Такие качественные особенности извести как химический и фракционный состав, а также ее реакционная способность во многом отвечают за качество шлакообразования, продолжительность продувки и определяют сорт извести.

Доказано, что качество извести существенно снижается при длительном хранении и транспортировке, что связано с ее гидратацией и истиранием по пути в конвертер. Поэтому ее производство в непосредственной близости от конвертерного производства, а в идеале на самой площадке конвертерных цехов значительно улучшило бы энергоэффективность, и качество поставляемой извести [1, 2].

Одним из таких инновационных предложений в области производства извести является использование конвертерных газов в качестве топливной составляющей в технологии обжига известняка. Учитывая физико-химические характеристики конвертерных газов можно утверждать, что их температурный уровень горения (2300-2800 °С) способен обеспечить теплотехнологию обжига известняка (1200 °С). Выход конвертерных газов составляет 60-80 м<sup>3</sup> на тонну стали [3].

Обжиг известняков преимущественно производят во вращающихся печах. Удельный расход условного топлива на тонну извести колеблется в пределах 150-200 кг у.т., что в среднем составляет около 150-155 м<sup>3</sup> природного газа. Приняв среднюю теплотворную способность конвертерных газов равной 10 МДж, получим следующие результаты [4, 5].

Соотношение расходов энергоресурсов с объемами произведенной извести

Поз.	Опорный момент расчета	Конвертерный газ	Природный газ
1	На 1 т извести, м <sup>3</sup>	520-530	150-155
2	Всего на обжиг извести в год, млн. м <sup>3</sup>	507,4	145
3	Затраты на приобретение, млн. руб.	0	461
4	Суммарный выход CO <sub>2</sub> , млн. м <sup>3</sup>	1224	1361

Для годового производства стали 10 млн т требуется 0,96 млн т извести, для чего необходимо 507,4 млн м<sup>3</sup> конвертерного газа в год, что меньше его выхода из конвертеров на 332,6 млн м<sup>3</sup>. Этот объем конвертерного газа можно использовать на другие нужды предприятия.

Таким образом, энергосберегающее мероприятие по использованию конвертерных газов на замещение природного газа при средней мощности металлургического предприятия 12 млн т стали в год способно дать экономию 461 млн руб.

Помимо этого эффекта, наблюдается также улучшение экологической обстановки, связанное с сокращением выбросов двуокси углерода (CO<sub>2</sub>) примерно на 11,2 %.

#### *Библиографический список*

1. Копцев В.В. «Совершенствование технологии и техники производства металлургической извести»: Монография. Магнитогорск: МГТУ, 2004. 148 с.
2. Бигеев А.М. Непрерывные сталеплавильные процессы М.: Металлургия, 1986. 136 с.
3. Горелова А.В., Очкасова Л.Ю., Картавцев С.В. Эффективное использование конвертерного газа // Энергетики и металлурги – настоящему и будущему России: Материалы 10-й Всероссийской конференции аспирантов и студентов / под редакцией Сеничкина Б.К. Магнитогорск: МГТУ, 2009. С. 147.
4. Монастырев А.В. Производство извести: учебник. М.: Высшая школа, 1971. 272 с.
5. Нешпоренко Е.Г. Использование вторичных ресурсов конвертерной плавки для приготовления извести // Энергетики и металлурги – настоящему и будущему России: Материалы 2-й Всероссийской конференции аспирантов и студентов / под редакцией Сеничкина Б.К. Магнитогорск: МГТУ, 2001. С. 47.